

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-331899
(P2000-331899A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 21/02		H 0 1 L 21/02	B
21/265		27/12	B
27/12		21/265	Q

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

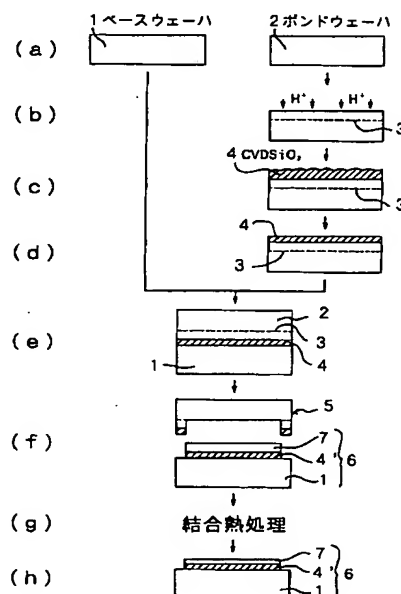
(21) 出願番号	特願平11-141766	(71) 出願人	000190149 信越半導体株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号
(22) 出願日	平成11年5月21日 (1999. 5. 21)	(72) 発明者	楯 直人 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
		(72) 発明者	桑原 登 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
		(72) 発明者	横川 功 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
		(74) 代理人	100068607 弁理士 早川 政名 (外3名)

(54) 【発明の名称】 S O I ウェーハの製造方法および S O I ウェーハ

(57) 【要約】

【課題】 S O I ウェーハの製造歩留まりを低下させる最大の要因である結合不良を低下させ、しかも S O I 層の膜厚均一性に優れ、不純物汚染の少ない S O I ウェーハおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 ボンドウェーハ2表面より水素イオンまたは希ガスイオンの少なくとも一方を注入して該ボンドウェーハ内部に微小気泡層3を形成した後、該イオン注入面上に第1の温度で C V D 酸化膜4を形成し、該 C V D 酸化膜の表面を平坦化处理した後、該表面をベースウェーハ1表面と密着させ、その後、第1の温度より高温の第2の温度で熱処理を加えて微小気泡層3でボンドウェーハを薄膜状に剥離し、S O I ウェーハを得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ボンドウェーハ表面より水素イオンまたは希ガスイオンの少なくとも一方を注入して該ボンドウェーハ内部に微小気泡層（封入層）を形成した後、該イオン注入面上に第1の温度でCVD酸化膜を形成し、該CVD酸化膜の表面を平坦化処理した後、該表面をベースウェーハ表面と密着させ、その後、第1の温度より高温の第2の温度で熱処理を加えて微小気泡層でボンドウェーハを薄膜状に剥離することを特徴とするSOIウェーハの製造方法。

【請求項2】 前記第1の温度が450℃以下であることを特徴とする請求項1記載のSOIウェーハの製造方法。

【請求項3】 前記ベースウェーハの表面に予め熱酸化膜が形成されていることを特徴とする請求項1及び2記載のSOIウェーハの製造方法。

【請求項4】 前記イオン注入は、前記ボンドウェーハの結晶軸又は結晶面に対し非平行に注入することを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載のSOIウェーハの製造方法。

【請求項5】 ベースウェーハにCVD酸化膜とSOI層とが順次積層されたSOIウェーハであって、該SOI層の膜厚均一性が±1.5nm以下であることを特徴とするSOIウェーハ。

【請求項6】 前記ベースウェーハと前記CVD酸化膜の間にさらに熱酸化膜を有することを特徴とする請求項5記載のSOIウェーハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、イオン注入したウェーハを熱処理後に剥離してSOIウェーハを製造する、いわゆる水素イオン剥離法（スマートカット法とも呼ばれている）に関し、SOI層の膜厚均一性に優れ、不純物汚染の少ないSOIウェーハの製造方法及びそのSOIウェーハに関する。

【0002】

【従来の技術】 貼り合わせ法を用いたSOI（silicon on insulator）ウェーハの作製方法として、2枚のシリコンウェーハをシリコン酸化膜を介して貼り合わせる技術、例えば特公平5-46086号公報に示されている様に、少なくとも一方のウェーハに酸化膜を形成し、接合面に異物を介在させることなく相互に密着させた後、200～1200℃の温度で熱処理して結合強度を高める方法が、従来より知られている。

【0003】 熱処理を行なうことにより結合強度が高められた貼り合わせウェーハは、その後の研削研磨工程が可能となるため、素子作製側ウェーハを研削及び研磨により所望の厚さに減厚加工することにより、素子形成を行なうSOI層を形成することができる。このようにして作製された貼り合わせSOIウェーハは、SOI層の

結晶性に優れ、SOI層直下に存在する埋め込み酸化膜の信頼性も高いという利点はあるが、研削及び研磨により薄膜化しているため、薄膜化に時間がかかる上、材料が無駄になり、しかも膜厚均一性は高々目標膜厚±0.3μmしか得られなかった。

【0004】 一方、近年の半導体デバイスの高集積化、高速度化に伴い、SOI層の厚さは更なる薄膜化と膜厚均一性の向上が要求されており、具体的には0.1±0.01μm程度の膜厚及び膜厚均一性が必要とされている。このような膜厚及び膜厚均一性をもつ薄膜SOIウェーハを貼り合わせウェーハで実現するためには従来の研削・研磨での減厚加工では不可能であるため、新たな薄膜化技術として、特開平5-211128号公報に開示されている水素イオン剥離法と呼ばれる方法（スマートカット法とも呼ばれる）が開発された。

【0005】 この水素イオン剥離法は、二枚のシリコンウェーハのうち少なくとも一方に酸化膜を形成するとともに、片方のシリコンウェーハの上面から水素イオンまたは希ガスイオンを注入し、該シリコンウェーハ内部に微小気泡層（封入層）を形成させた後、該イオン注入面を酸化膜を介して他方のウェーハと密着させ、その後熱処理（剥離熱処理）を加えて微小気泡層を劈開面（剥離面）としてイオン注入したウェーハを薄膜状に剥離し、さらに熱処理（結合熱処理）を加えて強固に結合してSOIウェーハとする技術である。

【0006】 この方法では、剥離面は良好な鏡面であり、SOI層の均一性が極めて高いSOIウェーハが比較的容易に得られる上、剥離した一方のウェーハを再利用できるので、材料を有効に使用できるという利点も有する。また、この方法は、酸化膜を介さずに直接シリコンウェーハ同士を結合することもできるし、シリコンウェーハ同士を結合する場合だけでなく、シリコンウェーハにイオン注入して、石英、炭化珪素、アルミナ等の熱膨張係数の異なる絶縁性ウェーハと結合する場合にも用いられる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記水素イオン剥離法でSOIウェーハを製造する方法としては、ボンドウェーハ（SOI層を形成するウェーハ）とベースウェーハ（SOI層の支持基板となるウェーハ）のどちらに酸化膜を形成するかによって、その製造方法が大別される。すなわち、図2（A）のようにイオン注入を行わないベースウェーハ側のみに酸化膜を形成する方法と、図2（B）のようにボンドウェーハに酸化膜を形成してからその酸化膜を通してイオン注入する方法とがある。尚、（B）の場合には、ベースウェーハにも酸化膜を形成することもある。

【0008】 何れの手法を用いた場合であっても、イオン注入を行ったボンドウェーハの表面が結合界面となっている点では共通しているが、このイオン注入を行った

表面にはイオン注入プロセスにおける装置起因の発塵や表面汚染が付着しており、これら付着物は洗浄してもなかなか除去されないため、結合不良の発生原因となり、SOIウェーハの製造歩留まりを低下させる要因となっていた。

【0009】また、図2(A)と図2(B)の製造方法のうち、現在主流となっているのは図2(B)である。その理由の1つは、イオンを注入するボンドウエーハに酸化膜が形成されていないと、チャネリング現象によりイオンの注入深さのバラツキが悪化し、剥離後のSOI層の膜厚均一性が低下する可能性があるからである。ここで、チャネリング現象とは、結晶性の物質の結晶軸や結晶面とほぼ平行にイオンを入射すると、結晶原子の間を蛇行しながらイオンが通り抜けてゆく現象をいい、非平行の入射に比べてイオン注入深さのバラツキが大きくなる。

【0010】シリコンウェーハの場合、その表面は特定の方角(例えば<100>など)に加工されているので、このチャネリング現象が発生しやすく、酸化膜を形成することによりこのチャネリング現象を抑えることが好ましい。ボンドウエーハに酸化膜を形成するもう一つの理由は、ボンドウエーハに酸化膜を予め形成しておけば、その結合界面に取込まれた不純物(雰囲気中のボロンやイオン注入による金属や有機物等の汚染物)が活性層(SOI層)に拡散するのを抑制することができ、SOI層の結晶性や電気特性の劣化を防止できるからである。

【0011】ところが、水素イオン剥離法を行う場合のイオン注入深さのバラツキ(標準偏差 σ)は、前述のチャネリング現象が発生しなければ、現状のイオン注入機を用いれば $\sigma=0.4\text{ nm}$ を得ることができる。すなわち、 $3\sigma=1.2\text{ nm}$ であるので、目標注入深さ $\pm 1.2\text{ nm}$ 以内にほとんど全てのイオンが注入されることになるので、剥離後のSOI層の膜厚は目標膜厚 $\pm 1.5\text{ nm}$ 以下の優れた膜厚均一性を有するSOIウェーハが得られるはずである。

【0012】しかし、前述の理由によりイオン注入を行うボンドウエーハに酸化膜を形成すると、形成される酸化膜もその膜厚にバラツキがあるため、この酸化膜を通してシリコン中に注入されるイオンもその注入深さに影響を受ける。例えば、SOIウェーハの埋め込み酸化膜の厚さとして 400 nm が必要な場合、この酸化膜を通常の量産レベルでの酸化条件を用いて形成すると、酸化膜厚のバラツキは高々 $\sigma=2.0\text{ nm}$ 程度しか得られない。また、生産性を無視して酸化条件を厳密にコントロールしても $\sigma=1.0\text{ nm}$ 前後が限度であるので、ボンドウエーハに酸化膜を形成して製造されたSOIウェーハのSOI膜厚均一性としては、目標膜厚 $\pm 3\text{ nm}$ 程度が限界であった。

【0013】本発明は、上記問題点を考慮してなされた

もので、SOIウェーハの製造歩留まりを低下させる最大の要因である結合不良を低下させ、しかもSOI層の膜厚均一性がSOIウェーハの酸化膜厚のバラツキに影響を受けることなく、イオン注入装置の注入性能(注入深さのバラツキ)のみに依存するようにして、膜厚均一性に優れたSOIウェーハおよびその製造方法を提供することとする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために本発明の請求項1に記載した発明は、ボンドウエーハ表面より水素イオンまたは希ガスイオンの少なくとも一方を注入して該ボンドウエーハ内部に微小気泡層(注入層)を形成した後、該イオン注入面上に第1の温度でCVD酸化膜を形成し、該CVD酸化膜の表面を平坦化処理した後、該表面をベースウェーハ表面と密着させ、その後、第1の温度より高温の第2の温度で熱処理を加えて微小気泡層でボンドウエーハを薄膜状に剥離することとするSOIウェーハの製造方法である。

【0015】このように、ボンドウエーハの水素イオンまたは希ガスイオンを注入した面にCVD(Chemical Vapor Deposition)酸化膜(CVD法により形成された酸化膜)を堆積することにより、イオン注入プロセスで発塵があっても、それは酸化膜中に埋没して表面に露出しなくなる。また、それが原因でCVD酸化膜表面に凸部が形成されたとしても、その後のCVD酸化膜表面を平坦化する工程で除去されるので結合不良を低減できる。そして、水素イオン注入を行った後にCVD酸化膜(埋め込み酸化膜)を形成するため、水素イオン注入の均一性が、酸化膜の膜厚均一性となる。

【0016】また、ボンドウエーハのイオン注入面上にCVD酸化膜を形成する温度(第1の温度)は、該CVD酸化膜の形成段階で微小気泡層での剥離が生じない温度とし、その温度としては請求項2のようにCVD酸化膜を形成する第1の温度を 450°C 以下にすれば、CVD酸化膜の形成工程で、微小気泡層が剥離してしまうことを確実に防ぐことができる。さらに、請求項3のようにベースウェーハの表面に予め熱酸化膜を形成しておけば、SOIウェーハの埋め込み酸化膜の絶縁耐圧を向上させ、静電容量の調整をすることができる。尚、イオン注入に際しては、請求項4のようにボンドウエーハの結晶軸や結晶面に対し非平行に注入することが好ましい。これにより注入イオンのチャネリング現象を減少させることができるので、イオン注入深さのバラツキを増加させることを防止できる。このように、ボンドウエーハ表面に酸化膜を介さずに直接イオン注入を行うため、請求項5、6に記載したように、ベースウェーハとSOI層との間にCVD酸化膜を有し、且つSOI層の膜厚均一性が $\pm 1.5\text{ nm}$ 以下のSOIウェーハを得ることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1を参照しながら説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。ここで、図1は本発明による貼り合わせSOIウェーハの製造工程の一例を示すフロー図である。工程(a)では、2枚のシリコンウェーハ1、2を準備するものであり、両ウェーハとも少なくとも結合すべき面が鏡面研磨されている単結晶シリコンウェーハである。尚、1はベースウェーハ、2はボンドウェーハである。

【0018】工程(b)は、SOI層となるボンドウェーハ2に水素イオンを注入する工程である。ボンドウェーハ2の一方の面(ベースウェーハ1と結合される面)の上面から水素イオンまたは希ガスイオンのうち少なくとも一種類、ここでは水素イオンを注入し、イオンの平均進入深さにおいて表面に平行な微小気泡層(封入層)3を形成させるもので、この注入時のウェーハ温度は25~450℃が好ましく、特に200℃以下がより好ましい。そして、上記イオン注入時のエネルギーは、作製するSOIウェーハのSOI層の目標厚さにより適宜決定される。また、チャネリング現象を防ぐために、ボンドウェーハ2の結晶軸又は結晶面に対して非平行となる様に、若干傾けた入射角で注入することが好ましい。

【0019】次に、工程(c)は、イオン注入されたボンドウェーハ2の表面(少なくともベースウェーハと結合する表面)にCVD酸化膜4を堆積する工程である。このCVD酸化膜4を形成する段階で前記した微小気泡層3での剥離発生を防ぐには、CVD酸化膜を形成する第1の温度(堆積温度)は450℃以下が好ましく、例えば400から450℃の温度範囲で化学気相蒸着(CVD)法で成長させる。CVD装置としては、常圧CVD装置、減圧CVD装置、あるいはプラズマCVD装置等が挙げられる。又、このCVD酸化膜4はSOIウェーハの埋め込み酸化膜となるので、その厚さは用途に応じて設定されるが、通常0.1~2.0μm程度が用いられる。

【0020】工程(d)は、CVD酸化膜4表面を平坦化する工程である。CVD酸化膜4の堆積により、イオン注入プロセスでの発塵等がボンドウェーハ表面に付着していても酸化膜中に埋没して表面に露出しなくなるので、付着物に起因する結合不良を低減することができる。ただし、例えば常圧CVD装置で形成したCVD酸化膜は、その表面粗さを原子間力顕微鏡で1μm角で測定すると、Rms(Root Mean Square Roughness: 自乗平均平方根粗さ)が約1.2nm程度あるため、ベースウェーハとの結合が不可能なレベルである。従って、この表面をCMP(Chemical and Mechanical Polishing)等の方法を用いて平坦化して結合する。CVD酸化膜は熱酸化膜に比べてやわらかく研磨速度が速いので、容易に平坦化することが出来る。この際、CVD酸化膜形成前の表面の付着物が原因でCVD酸化膜表面に凸部が形

成されていたとしても、この平坦化工程で除去されるので結合不良を低減できる。尚、CVD酸化膜4を堆積後のCVD酸化膜表面のRmsがもともと0.5nm程度以下であれば、上記工程(d)を省略することもできる。

【0021】次に、工程(e)は、洗浄後の両ウェーハ1、2を重ね合わせて密着させる工程であり、常温の清浄な雰囲気下で2枚のウェーハの表面同士を接触させることにより、接着剤等を用いることなくウェーハ同士が接着する。この際、必要に応じてベースウェーハ表面に熱酸化膜を形成しておくこともできる。CVD酸化膜4は熱酸化膜に比べて絶縁耐圧等の電気特性が劣るので、SOIウェーハの埋め込み酸化膜について高い絶縁耐圧や静電容量が要求される場合には、ベースウェーハ1に予め必要な厚さの熱酸化膜を形成しておけばこれらを満足することができる。

【0022】工程(f)は、微小気泡層(封入層)3を境界として剥離することによって、剥離ウェーハ5とSOIウェーハ6(SOI層7+CVD酸化膜(埋め込み酸化膜)4'+ベースウェーハ1)に分離する剥離熱処理工程であり、その熱処理の温度(第2の温度)はCVD酸化膜4を形成する熱処理温度(第1の温度)より高温で行われる。例えば、不活性ガス雰囲気下約500℃以上の温度で熱処理を加えれば、結晶の再配列と気泡の凝集とによって剥離ウェーハ5とSOIウェーハ6に分離されると同時に、室温での密着面もある程度は強固に結合がなされる。尚、剥離ウェーハ5は、表面の酸化膜を除去して剥離面を研磨する再生処理を行えば、再利用が可能である。

【0023】SOIウェーハ6をデバイス作製工程で使用するためには、工程(f)の剥離熱処理による結合力では十分でないので、工程(g)の結合熱処理として高温の熱処理を施し、結合強度を十分なものとする。この熱処理は、例えば不活性ガス雰囲気下、1000℃~1200℃で30分~5時間程度の範囲で行うことができる。また、ランプ加熱装置のような急速加熱・急速冷却装置を用いれば、1000℃~1350℃の温度で1~300秒程度の短時間で十分な結合強度が得られる。また、工程(g)の結合熱処理として工程(f)の剥離熱処理を兼ねておこなう場合には工程(f)を省略することもできる。

【0024】そして、工程(h)は、SOI層7の表面である劈開面(剥離面)に存在するダメージ層及び表面粗さを除去する工程である。この工程としては、タッチポリッシュと呼ばれる研磨代の極めて少ない研磨を行ったり、タッチポリッシュ後に水素を含む還元性雰囲気での熱処理を加えたりすることもできるが、タッチポリッシュを行わずに水素を含む還元性雰囲気での熱処理のみを行っても、同様にダメージ層及び表面粗さを除去することができる上、工程(g)の結合熱処理を兼ねることもできるので一層効率的である。

【0025】

【実施例】（実施例）まず、直径150mm、厚さ625μm、結晶軸方位<100>、導電型p型、抵抗率10~20Ω・cmの一方の表面が鏡面研磨された単結晶シリコンウェーハ20枚を用意し、ボンドウェーハ用とベースウェーハ用とに分け、ベースウェーハ用の10枚のうち5枚には表面に300nmの酸化膜を熱酸化により形成した。次に、ボンドウェーハの鏡面側に、注入エネルギー40keV、注入量 8×10^{16} atoms/cm²、注入角7度の条件でH⁺イオンを注入した後、モノシランガスと酸素ガスを原料として常圧CVD装置により、400℃で厚さ約400nmのCVD酸化膜を堆積した。堆積直後のCVD酸化膜表面の面粗さを原子間力顕微鏡（デジタル インスツルメント社製Nano Scope-I）により、測定領域を1μm角で測定したところ、Rms=1.2nmであった。次に、このCVD酸化膜表面をCMPにより約100nm研磨した後、再び表面粗さを測定したところ、Rms=0.2nmに改善された。

【0026】その後、ボンドウェーハとベースウェーハを洗浄して乾燥させたのち、室温で密着させ、剥離熱処理として窒素ガス雰囲気下500℃30分の熱処理を加えた。その結果、図1（f）の様なSOI層7の膜厚が約0.35μmのSOIウェーハと、剥離ウェーハが作製された。剥離後のSOIウェーハを肉眼で観察したが、ベースウェーハの熱酸化膜の有無にかかわらず、10枚のSOIウェーハのいずれにもボイド（未結合部）は全く観察されなかった。尚、SOI層が薄膜化された状態であれば、ボイドが存在する部分は盛り上がって見えるので、特別な装置を用いなくてもボイドを観察することはできる。

【0027】次に、このSOIウェーハに対して窒素ガス雰囲気下1100℃、2時間の結合熱処理を行った。結合熱処理後のSOIウェーハを肉眼で観察したがやはりボイドは全く観察されなかった。こうして作製されたSOIウェーハの膜厚を測定し膜厚均一性を求めた。膜厚測定は、反射分光法で行い、SOIウェーハの面内を

外周10mmを除いて、1mmピッチで数千点測定した。測定された膜厚の標準偏差σの平均値は0.43nmであった。従って、作製されたSOIウェーハのSOI層の膜厚均一性（±3σ）の平均値は±1.29nmであることがわかった。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、水素イオン剥離法により貼り合わせウェーハを作製するに際し、イオン注入したボンドウェーハ表面にCVD酸化膜を堆積するので、イオン注入プロセスでの発塵等の付着物に起因する結合不良を低減し、製造歩留まりを極めて向上させることができる。しかも、ボンドウェーハ表面に酸化膜を介さずに直接イオン注入を行うので、SOI層の膜厚均一性がSOIウェーハの酸化膜厚のバラツキに影響を受けることなく、イオン注入装置の注入性能（注入深さのバラツキ）のみに依存するようになり、膜厚均一性に優れたSOIウェーハを製造することができる。また、従来のようにSOI層となるボンドウェーハ表面に熱酸化膜を形成する場合には、熱酸化膜の形成時に格子間シリコンの注入が起こるためこれがSOI層の結晶欠陥を誘発する可能性があったが、本発明ではこのような格子間シリコンの注入が起こらず、SOI層の結晶性を低下させないという副次的効果も有する。

【図面の簡単な説明】

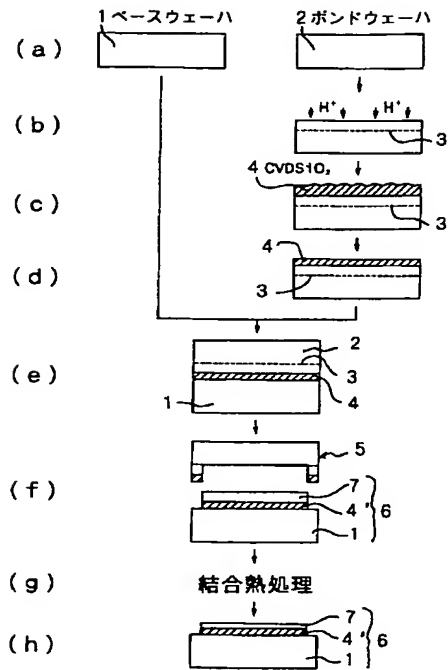
【図1】 本発明による貼り合わせSOIウェーハの製造工程の一例を示すフローチャートである。

【図2】 水素イオン剥離法によるSOIウェーハの製造方法を示すフローチャートで、（A）はイオン注入を行わないベースウェーハ側のみに酸化膜を形成して行う方法、（B）はボンドウェーハに酸化膜を形成してからイオン注入を行う方法である。

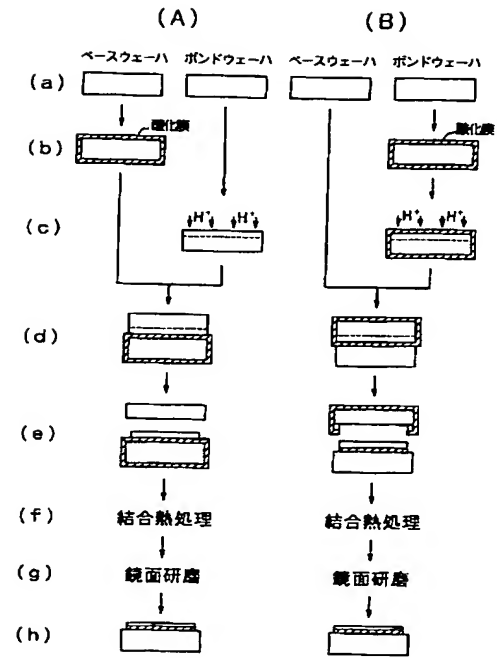
【符号の説明】

- | | |
|--------------|-----------|
| 1…ベースウェーハ | 2…ボンドウェーハ |
| 3…微小気泡層（封入層） | 4…CVD酸化膜 |
| 5…剥離ウェーハ | 6…SOIウェーハ |
| 7…SOI層 | |

【図1】



【図2】





PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000331899 A

(43) Date of publication of application: 30.11.00

(51) Int. Cl.

H01L 21/02
H01L 21/265
H01L 27/12

(21) Application number: 11141766

(22) Date of filing: 21.05.99

(71) Applicant: SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD

(72) Inventor:
TATE NAOTO
KUWABARA NOBORU
YOKOGAWA ISAO

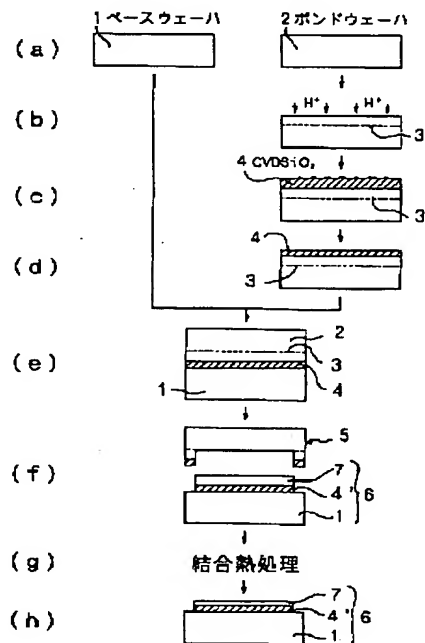
(54) METHOD FOR FORMING SOI WAFER AND SOI WAFER

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an SOI wafer exhibiting a high uniformity of film thickness of its SOI layer and having a low degree of contamination with impurities and to provide its manufacturing method by which bonding failure which is the biggest factor that decreases the yield of SOI wafers is reduced.

SOLUTION: After a minute air bubble layer 3 is formed in the inside of a bond wafer 2 by implanting at least one of hydrogen ion and noble gas ion from the surface of the bond wafer 2, a CVD oxide film 4 is formed on the ion implantation surface at a first temperature. After flattening the surface of the CVD oxide film, the surface is made into intimate contact with the surface of a base wafer 1, then is subjected to heat treatment at a second temperature higher than the first temperature for peeling the bond wafer into a thin film by the minute air bubble layer 3 to obtain an SOI wafer.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



This Page Blank (upto)